

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6291814号
(P6291814)

(45) 発行日 平成30年3月14日(2018.3.14)

(24) 登録日 平成30年2月23日(2018.2.23)

(51) Int.Cl.	F I
A 6 1 B 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 8/00
H 0 4 R 17/00 (2006.01)	H 0 4 R 17/00 3 3 2 A

請求項の数 13 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2013-247767 (P2013-247767)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成25年11月29日(2013.11.29)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-104499 (P2015-104499A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成27年6月8日(2015.6.8)	(74) 代理人	100104710
審査請求日	平成28年11月17日(2016.11.17)		弁理士 竹腰 昇
		(74) 代理人	100090479
			弁理士 井上 一
		(74) 代理人	100124682
			弁理士 黒田 泰
		(72) 発明者	鶴野 次郎
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		審査官	宮川 哲伸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波トランスデューサーデバイス、超音波測定装置及び超音波画像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の開口及び第2の開口が設けられる基板と、
 前記第1の開口に対応して前記基板に形成される第1の超音波トランスデューサー素子と、
 前記第2の開口に対応して前記基板に形成される第2の超音波トランスデューサー素子と、
 を含み、
 前記第1の開口は、スキャン方向に対応する第1の方向側の第1の縁部及び前記第1の方向とは反対の第2の方向側の第2の縁部を有し、
 前記第1の超音波トランスデューサー素子は、
 前記第1の開口を閉塞する第1の振動膜と、
 前記基板の厚み方向からの平面視において、前記第1の開口の前記第1の縁部を覆うように前記第1の振動膜上に設けられる第1の圧電体層と、
 を有することを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。

【請求項2】

請求項1において、
 前記第2の超音波トランスデューサー素子は、
 前記第2の開口を閉塞する第2の振動膜と、
 前記平面視において、前記第2の開口の前記第1の方向側の第3の縁部及び前記第2の

方向側の第４の縁部のいずれにも重ならず前記第２の振動膜上に設けられる第２の圧電体層と、

を有することを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。

【請求項３】

請求項２において、

前記第１の超音波トランスデューサー素子は、

基準方向に対して前記第１の方向側に傾いた方向の指向性で超音波を受信し、

前記第２の超音波トランスデューサー素子は、

前記基準方向の指向性で超音波を受信することを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。

10

【請求項４】

請求項２又は３において、

前記第１の振動膜と前記第２の振動膜は、同一平面に形成されることを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。

【請求項５】

請求項１又は２において、

前記基板に設けられる第３の開口に対応して、前記基板に形成される第３の超音波トランスデューサー素子を含み、

前記第３の超音波トランスデューサー素子は、

前記第３の開口を閉塞する第３の振動膜と、

前記平面視において、前記第３の開口の第１の方向側の第５の縁部及び前記第２の方向側の第６の縁部のうち、前記第６の縁部を覆うように前記第３の振動膜上に設けられる第３の圧電体層と、

20

を有することを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。

【請求項６】

請求項５において、

前記第１の超音波トランスデューサー素子は、

基準方向に対して前記第１の方向側に傾いた方向の指向性で超音波を受信し、

前記第３の超音波トランスデューサー素子は、

前記基準方向に対して前記第２の方向側に傾いた方向の指向性で超音波を受信することを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。

30

【請求項７】

請求項５又は６において、

前記第１の振動膜と前記第３の振動膜は、同一平面に形成されることを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。

【請求項８】

請求項１乃至７のいずれかにおいて、

前記第１の圧電体層は、前記平面視において、前記基板上の面積よりも前記第１の開口上の面積の方が大きいことを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。

【請求項９】

請求項１において、

前記第１の超音波トランスデューサー素子は、

基準方向とは異なる第１の指向方向の指向性を有し、超音波の受信を行い、

前記第２の超音波トランスデューサー素子は、

前記基準方向である第２の指向方向の指向性を有し、超音波の送信又は送信及び受信を行うことを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。

40

【請求項１０】

請求項９において、

前記基準方向とは異なる第３の指向方向の指向性を有し、超音波の受信を行う第３の超音波トランスデューサー素子を含み、

50

前記基準方向は、前記第 1 の指向方向と前記第 3 の指向方向の間の方向であることを特徴とする超音波トランスデューサーデバイス。

【請求項 1 1】

請求項 1 乃至 1 0 のいずれかに記載された超音波トランスデューサーデバイスと、
前記第 1 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 1 の受信信号に基づいて超音波画像を生成する処理部と、
を含むことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 1 2】

請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載された超音波トランスデューサーデバイスと、
前記第 1 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 1 の受信信号又は前記第 1 の受信信号から得られる第 1 の受信データである第 1 の受信情報により、前記第 2 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 2 の受信信号又は前記第 2 の受信信号から得られる第 2 の受信データである第 2 の受信情報を補正処理する処理部と、
を含むことを特徴とする超音波測定装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至 1 0 のいずれかに記載された超音波トランスデューサーデバイスと、
前記第 1 の超音波トランスデューサー素子が受信した第 1 の受信信号に基づいて超音波画像を生成する処理部と、
前記超音波画像を表示する表示部と、
を含むことを特徴とする超音波画像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、超音波トランスデューサーデバイス、超音波測定装置及び超音波画像装置等に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

超音波を用いた画像装置では、被検体に超音波ビームを送信し、被検体から反射されてきた超音波エコーを受信し、その受信信号から画像を構成する。例えばリニアスキャンでは、1 本の超音波ビームで 1 本の画素ライン（走査線）を構成する。そして、超音波ビームの出射位置を移動していくことで被検体をスキャンし、それによって得られた複数の画素ラインから 1 つの画像を構成する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開 2 0 1 2 - 5 2 3 9 2 0 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

理想的に超音波ビームが非常に狭い幅のビームであれば、超音波ビームの真の出射方向のみからエコーがかえってくるため、高い方位分解能の画像が得られる。しかしながら、実際には超音波ビームはある程度の広がりをもっているため、方位分解能が低下するという課題がある。また、超音波ビームにサイドローブがある場合には、画像にアーティファクト（実際には存在しない虚像が表示されてしまう現象）が表示され、診断の妨げとなるという課題がある。

【0 0 0 5】

例えば、特許文献 1 には、方位分解能を向上する手法として、中央アレイに対して 2 つの外側アレイを傾斜させて配置し、その 3 つのアレイの受信信号を処理する手法が開示さ

れている。しかしながら、この手法では、アレイ単位で傾斜を変えているため、アレイに近接した領域では方位分解能の向上が期待できない。

【0006】

そして、方位分解能の向上又はアーティファクトの低減が可能な超音波トランスデューサーデバイス、超音波測定装置及び超音波画像装置が望まれていた。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様は、第1の開口及び第2の開口が設けられる基板と、前記第1の開口に対応して前記基板に形成される第1の超音波トランスデューサー素子と、前記第2の開口に対応して前記基板に形成される第2の超音波トランスデューサー素子と、を含み、前記第1の開口は、スキャン方向に対応する第1の方向側の第1の縁部及び前記第1の方向とは反対の第2の方向側の第2の縁部を有し、前記第1の超音波トランスデューサー素子は、前記第1の開口を閉塞する第1の振動膜と、前記基板の厚み方向からの平面視において、前記第1の開口の前記第1の縁部を覆うように前記第1の振動膜上に設けられる第1の圧電体層と、を有する超音波トランスデューサーデバイスに関係する。

10

【0008】

本発明の一態様によれば、基板の厚み方向からの平面視において、第1の圧電体層は、第1の開口の第1の縁部及び第2の縁部のうち第1の縁部を覆うように第1の振動膜上に設けられる。このような超音波トランスデューサー素子を用いることで、方位分解能の向上又はアーティファクトの低減が可能になる。

20

【0009】

本発明の一態様では、前記第2の超音波トランスデューサー素子は、前記第2の開口を閉塞する第2の振動膜と、前記平面視において、前記第2の開口の前記第1の方向側の第3の縁部及び前記第2の方向側の第4の縁部のいずれにも重ならず前記第2の振動膜上に設けられる第2の圧電体層と、を有してもよい。

【0010】

このように、基板の厚み方向からの平面視において、第3の縁部及び第4の縁部のいずれにも重ならないように第2の圧電体層を設けることで、第1の超音波トランスデューサー素子とは異なる指向性の超音波トランスデューサー素子を設けることができる。

【0011】

本発明の一態様では、前記第1の超音波トランスデューサー素子は、基準方向から前記第1の方向側に傾いた方向の指向性で超音波を受信し、前記第2の超音波トランスデューサー素子は、前記基準方向の指向性で超音波を受信してもよい。

30

【0012】

このように、第1、第2の超音波トランスデューサー素子により、異なる指向性で超音波を受信することで、後述する補正処理が可能となり、その補正処理によって方位分解能を向上し、又はアーティファクトを低減できる。

【0013】

本発明の一態様では、前記第1の振動膜と前記第2の振動膜は、同一平面に形成されてもよい。

40

【0014】

このようにすれば、第1、第2の開口に対して第1、第2の圧電体層の形成位置をずらすだけで、同一平面の第1、第2の振動膜上に、指向性が異なる第1、第2の超音波トランスデューサー素子を形成できる。これにより、例えば素子形成面を傾けて指向性をもたせる場合に比べて、超音波トランスデューサーデバイスの製造工程を簡素化できる。

【0015】

本発明の一態様では、前記基板に設けられる第3の開口に対応して、前記基板に形成される第3の超音波トランスデューサー素子を含み、前記第3の超音波トランスデューサー素子は、前記第3の開口を閉塞する第3の振動膜と、前記平面視において、前記第3の開口の第1の方向側の第5の縁部及び前記第2の方向側の第6の縁部のうち、前記第6の縁

50

部を覆うように前記第3の振動膜上に設けられる第3の圧電体層と、を有してもよい。

【0016】

このように、基板の厚み方向からの平面視において、第5の縁部及び第6の縁部のうち第6の縁部を覆うように第3の圧電体層を設けることで、第1、第2の超音波トランスデューサー素子とは異なる指向性の超音波トランスデューサー素子を設けることができる。

【0017】

本発明の一態様では、前記第1の超音波トランスデューサー素子は、基準方向に対して前記第1の方向側に傾いた方向の指向性で超音波を受信し、前記第3の超音波トランスデューサー素子は、前記基準方向に対して前記第2の方向側に傾いた方向の指向性で超音波を受信してもよい。

10

【0018】

このようにすれば、基準方向に対して第1の方向及び第2の方向に傾いた指向性で、超音波を受信できる。これにより、基準方向の両側で後述する補正処理を行うことが可能となり、基準方向の両側で方位分解能を向上し、又はアーティファクトを低減できる。

【0019】

本発明の一態様では、前記第1の振動膜と前記第3の振動膜は、同一平面に形成されてもよい。

【0020】

このようにすれば、第1、第3の開口に対して第1、第3の圧電体層の形成位置をずらすだけで、同一平面の第1、第3の振動膜上に、指向性が異なる第1、第3の超音波トランスデューサー素子を形成できる。これにより、例えば素子形成面を傾けて指向性をもたせる場合に比べて、超音波トランスデューサーデバイスの製造工程を簡素化できる。

20

【0021】

本発明の一態様では、前記第1の圧電体層は、前記平面視において、前記基板上の面積よりも前記第1の開口上の面積の方が大きくてもよい。

【0022】

超音波トランスデューサーでは、例えば超音波の周波数に応じて素子ピッチが設定されるので、素子ピッチを自由に設定できることが望ましい。この点、本発明の一態様では、第1の圧電体層が基板へ乗上げた面積を小さくできるので、隣の素子との間のピッチを狭くすることが可能であり、素子に指向性をもたせつつ所望の素子ピッチを実現することが可能となる。

30

【0023】

本発明の他の態様は、基準方向とは異なる第1の指向方向の指向性を有し、超音波の受信を行う第1の超音波トランスデューサー素子と、前記基準方向である第2の指向方向の指向性を有し、超音波の送信又は送信及び受信を行う第2の超音波トランスデューサー素子と、を含む超音波トランスデューサーデバイスに関係する。

【0024】

また本発明の他の態様では、前記基準方向とは異なる第3の指向方向の指向性を有し、超音波の受信を行う第3の超音波トランスデューサー素子を含み、前記基準方向は、前記第1の指向方向と前記第3の指向方向の間の方向であってもよい。

40

【0025】

圧電体層が縁部に重なると縁部の振動膜に応力が掛かりやすくなるが、受信時には送信時ほど振動膜が大きく振動しないため、縁部の振動膜に掛かる応力も小さい。本発明の他の態様によれば、開口の縁部に圧電体層が重ならない第2の超音波トランスデューサー素子で超音波を送信し、開口の縁部に圧電体層が重なる第1、第3の超音波トランスデューサー素子は超音波の受信を行う。これにより、素子の破壊を抑制しつつ、異なる指向性の情報を得ることができる。

【0026】

また本発明の更に他の態様は、上記のいずれかに記載された超音波トランスデューサーデバイスと、前記第1の超音波トランスデューサー素子が受信した第1の受信信号に基づ

50

いて超音波画像を生成する処理部と、を含む超音波測定装置に係する。

【0027】

また本発明の更に他の態様は、上記のいずれかに記載された超音波トランスデューサーデバイスと、前記第1の超音波トランスデューサー素子が受信した第1の受信信号又は前記第1の受信信号から得られる第1の受信データである第1の受信情報により、前記第2の超音波トランスデューサー素子が受信した第2の受信信号又は前記第2の受信信号から得られる第2の受信データである第2の受信情報を補正処理する処理部と、を含む超音波測定装置に係する。

【0028】

また本発明の更に他の態様は、上記のいずれかに記載された超音波トランスデューサーデバイスと、前記第1の超音波トランスデューサー素子が受信した第1の受信信号に基づいて超音波画像を生成する処理部と、前記超音波画像を表示する表示部と、を含む超音波画像装置に係する。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】第1の超音波トランスデューサー素子の構成例。

【図2】第2の超音波トランスデューサー素子の構成例。

【図3】第3の超音波トランスデューサー素子の構成例。

【図4】図4(A)～図4(C)は、受信指向性の測定条件の説明図。

【図5】図5(A)、図5(B)は、受信指向性の測定結果。

【図6】図6(A)～図6(F)は、指向性が生じる原理についての説明図。

【図7】図7(A)、図7(B)は、リニアスキャンについての説明図。

【図8】本実施形態の比較例。

【図9】本実施形態の超音波測定装置及び超音波画像装置の構成例。

【図10】図10(A)は、第1の手法における補正処理の例。図10(B)は、第1の手法の変形例における補正処理の例。

【図11】第2の手法における補正処理の例。

【図12】超音波トランスデューサーデバイスの構成例。

【図13】チャンネルの構成例。

【図14】図14(A)、図14(B)は、超音波画像装置の具体的な構成例。図14(C)は、超音波プローブの具体的な構成例。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお以下に説明する本実施形態は特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0031】

1. 超音波トランスデューサー素子

上述した課題を解決するために、本実施形態では第1～第3の超音波トランスデューサー素子に異なる指向性をもたせる。その第1～第3の超音波トランスデューサー素子の構成について以下に説明する。

【0032】

図1に、本実施形態の第1の超音波トランスデューサー素子の構成例を示す。超音波トランスデューサーデバイスの基板220には、第1の開口10aが設けられている。第1の超音波トランスデューサー素子は、第1の開口10aに対応して基板220に形成される。

【0033】

第1の超音波トランスデューサー素子は、第1の開口10aを閉塞する第1の振動膜70aと、第1の振動膜70a上に設けられる第1の圧電体層60aと、を含む。第1の圧電体層60aは、基板220の厚み方向Zからの平面視において、第1の開口10aの第

10

20

30

40

50

1の縁部EDA及び第2の縁部EDBのうち第1の縁部EDAを覆うように第1の振動膜70a上に設けられる。第1の縁部EDAは、第1の方向D1側の縁部であり、第2の縁部EDBは、第1の方向D1とは反対の第2の方向D2側の縁部である。第1の方向D1は、基板220上においてスキャン方向DSに対応する方向である。

【0034】

ここで、縁部とは、第1の開口10aと基板220の境界である。より具体的には、基板220と第1の振動膜70aが接する面における第1の開口10aと基板220の境界FTである。第1の縁部EDA及び第2の縁部EDBは、スキャン方向DSと深度方向Zが成す平面での断面における境界FTである。

【0035】

このように、第1の開口10aの中央から第1の方向D1側に第1の圧電体層60aをずらし、第1の圧電体層60aを第1の開口10aの肩（境界FT）に乗せることで、その乗せた側に傾いた第1の指向性をもたせることができる。なお、指向性が発生する詳細な理由については後述する。

【0036】

本実施形態の比較例として、上述した特許文献1のように、アレイ単位で傾斜を変えることで指向性を変える手法が考えられる。しかしながら、アレイの直近にある被検体は、その近くにあるアレイでしか観測されないため、アレイの直近では方位分解能は向上しないという課題がある。

【0037】

この点、本実施形態では、アレイ単位ではなく、超音波トランスデューサー素子単位或いは超音波トランスデューサー素子列単位で指向性を変えることが可能である。そのため、超音波トランスデューサー素子アレイに近接した領域であっても、指向性の異なる受信信号を得ることができ、方位分解能を向上できる。

【0038】

図2に、本実施形態の第2の超音波トランスデューサー素子の構成例を示す。基板220には、第2の開口10bが設けられている。第2の超音波トランスデューサー素子は、第2の開口10bに対応して基板220に形成される。

【0039】

第2の超音波トランスデューサー素子は、第2の開口10bを閉塞する第2の振動膜70bと、第2の振動膜70b上に設けられる第2の圧電体層60bと、を含む。第2の圧電体層60bは、基板220の厚み方向Zからの平面視において、第2の開口10bの第3の縁部EDC及び第4の縁部EDDのいずれにも重ならず第2の振動膜70b上に設けられる。即ち、スキャン方向DSにおいて、第2の圧電体層60bの幅は、第2の開口10bの幅よりも小さい。第3の縁部EDCは、第1の方向D1側の縁部であり、第4の縁部EDDは、第2の方向D2側の縁部である。

【0040】

このように、第2の開口10bの中央に第2の圧電体層60bを設け、第2の圧電体層60bを第2の開口10bの肩（境界FT）に乗せないことで、第3の縁部EDC及び第4の縁部EDDのいずれの側にも傾かない基準方向の第2の指向性をもたせることができる。なお、第2の圧電体層60bは、必ずしも第2の開口10bの中央に設ける必要はなく、第2の開口10bの縁部と重ならなければよい。

【0041】

上記の第1の超音波トランスデューサー素子は、基準方向に対して第1の方向D1側に傾いた方向の第1の指向性（図10（A）のDR2A）で超音波を受信する。一方、第2の超音波トランスデューサー素子は、基準方向の第2の指向性（図10（A）のDR2B）で超音波を受信する。

【0042】

ここで、基準方向とは、基板220の厚み方向Zであり、スキャン方向DS及びスライス方向DLに直交（略直交を含む）する方向である。即ち、基準方向に対して第1の方向

10

20

30

40

50

D 1 側に傾いた第 1 の指向性とは、スライス方向 D L 側から見て基板 2 2 0 の厚み方向 Z を時計回りに回転した方向である。

【0043】

また、指向性とは、超音波の入射方向に応じて受信感度が異なる性質のことである。即ち、図 5 (A)、図 5 (B) に示すように、指向性が異なる超音波トランスデューサー素子では、超音波の入射方向に対する受信感度の分布が異なるということである。例えば、第 2 の指向性は図 5 (A) に対応し、正面方向での受信感度が最大となっている。一方、第 1 の指向性は図 5 (B) に対応し、正面よりも右側方向での受信感度が最大となっている。

【0044】

このように指向性が異なる超音波トランスデューサー素子によって超音波エコーを受信することで、その受信信号を用いて補正処理を行い、方位分解能を向上すること又はサイドローブによるアーティファクトを低減することが可能となる。例えば、図 10 (A) で後述する第 1 の補正手法では、2 つの指向性の間に存在する反射体 R B 7 からのエコー (R S 2 B のタイミング t_4) を、その 2 つの指向性の受信信号 (R S 2 A 及び R S 2 B) に基づいて抑制できる。これにより、超音波ビーム B M 2 の正面でない反射体 R B 7 からのエコーを抑制できるので、方位分解能の高い又はアーティファクトが低減された超音波画像を生成できる。

【0045】

図 3 に、本実施形態の第 3 の超音波トランスデューサー素子の構成例を示す。基板 2 2 0 には、第 3 の開口 1 0 c が設けられている。第 3 の超音波トランスデューサー素子は、第 3 の開口 1 0 c に対応して基板 2 2 0 に形成される。

【0046】

第 3 の超音波トランスデューサー素子は、第 3 の開口 1 0 c を閉塞する第 3 の振動膜 7 0 c と、第 3 の振動膜 7 0 c 上に設けられる第 3 の圧電体層 6 0 c と、を含む。第 3 の圧電体層 6 0 c は、基板 2 2 0 の厚み方向 Z からの平面視において、第 3 の開口 1 0 c の第 5 の縁部 E D E 及び第 6 の縁部 E D F のうち第 6 の縁部 E D F を覆うように第 3 の振動膜 7 0 c 上に設けられる。第 5 の縁部 E D E は、第 1 の方向 D 1 側の縁部であり、第 6 の縁部 E D F は、第 2 の方向 D 2 側の縁部である。

【0047】

このように、第 3 の開口 1 0 c の中央から第 2 の方向 D 2 側に第 3 の圧電体層 6 0 c をずらし、第 3 の圧電体層 6 0 c を第 3 の開口 1 0 c の肩 (境界 F T) に乗せることで、その乗せた側に傾いた第 3 の指向性をもたせることができる。

【0048】

上記の第 3 の超音波トランスデューサー素子は、基準方向 (基板 2 2 0 の厚み方向 Z) から第 2 の方向 D 2 側に傾いた方向の第 3 の指向性で超音波を受信する。

【0049】

ここで、基準方向に対して第 2 の方向 D 2 側に傾いた方向とは、スライス方向 D L 側から見て基板 2 2 0 の厚み方向 Z を反時計回りに回転した方向である。回転角度は、例えば第 1 の指向性と同一 (略同一を含む) である。

【0050】

このようにすれば、基準方向を挟んで第 1 の指向性と反対側の第 3 の指向性で超音波エコーを受信することができる。この受信信号を用いて補正処理を行うことで、例えば図 10 (A) で後述するような補正処理を、基準方向の両側について行うことができ、基準方向の両側で方位分解能を向上すること又はサイドローブによるアーティファクトを低減することが可能となる。

【0051】

さて、上記の第 1 ~ 第 3 の超音波トランスデューサー素子の第 1 ~ 第 3 の振動膜 7 0 a ~ 7 0 c は、同一 (略同一を含む) 平面に形成される。同一平面は、基板 2 2 0 の平面であり、スキャン方向 D S とスライス方向 D L が成す平面である。後述するように、第 1 ~

10

20

30

40

50

第3の振動膜70a~70cは、例えば基板220上に積層された共通のSiO₂膜20及びZrO_x膜30で構成される。この共通の振動膜のうち、各素子の形成領域における振動膜が第1~第3の振動膜70a~70cである。

【0052】

比較例として、例えば素子形成面を傾けることによって送信指向性又は受信指向性をもたせる手法が考えられる。しかしながら、複数の指向方向を作るためには、それに応じて素子形成面の傾きを変える必要がある。本実施形態の超音波トランスデューサー素子に当てはめれば、異なる傾きの振動膜を複数形成することになり、素子アレイの製造工程が複雑になる。

【0053】

この点、本実施形態によれば、第1~第3の開口10a~10cに対して第1~第3の圧電体層60a~60cの形成位置をずらすだけで指向性を変えることができるため、指向性の異なる超音波トランスデューサー素子を同一平面に形成することができる。これにより、素子アレイの製造工程を簡素化できる。例えば、第1~第3の圧電体層60a~60cの形成工程においてマスクを変更することで、形成位置を変えることができるので、単一指向性の素子アレイと同様の工程で、指向性が混在した素子アレイを製造可能である。

【0054】

次に、図1の第1の超音波トランスデューサー素子を例に、第1~第3の超音波トランスデューサー素子に共通する構成について説明する。

【0055】

第1の超音波トランスデューサー素子は、第1の振動膜70a（メンブレン）、第1の電極層40a（下部電極層、第1の電極）、第1の圧電体層60a（圧電体膜、圧電素子部）、第2の電極層50a（上部電極層、第2の電極）を含む。

【0056】

第1の超音波トランスデューサー素子は、深度方向Z側の基板220上に形成される。深度方向Zは、超音波を送信する方向であり、基板220の平面に垂直な方向である。基板220は例えばSi（シリコン）基板である。

【0057】

第1の開口10aは、基板220の、素子が形成されない裏面側から反応性イオンエッチング（RIE: Reactive Ion Etching）等によりエッチングすることで形成される。この第1の開口10aの形成によって振動可能になった第1の振動膜70a（ダイヤフラム）のサイズによって超音波の共振周波数が決定される。

【0058】

第1の振動膜70aは、SiO₂膜20とZrO_x膜30との2層構造により第1の開口10aを閉塞するように設けられる。この第1の振動膜70aは、第1の圧電体層60a及び第1の電極層40a、第2の電極層50aを支持すると共に、第1の圧電体層60aの伸縮に従って振動し、超音波を発生させることができる。

【0059】

第1の電極層40aは、第1の振動膜70aの上層に例えば金属薄膜で形成される。金属薄膜は、例えば白金（Pt）やイリジウム（Ir）等の金属を積層した薄膜である。第1の電極層40aを素子形成領域の外側へ延長形成し、信号電極線等の配線を形成してもよい。

【0060】

第1の圧電体層60aは、例えばPZT（ジルコン酸チタン酸鉛）薄膜により形成され、第1の電極層40aの少なくとも一部を覆うように設けられる。なお、第1の圧電体層60aの材料は、PZTに限定されるものではなく、例えばチタン酸鉛（PbTiO₃）、ジルコン酸鉛（PbZrO₃）、チタン酸鉛ランタン（（Pb、La）TiO₃）などを用いてもよい。

【0061】

10

20

30

40

50

第1の圧電体層60aは、第1の電極層40aと第2の電極層50aとの間に電圧が印加されることで、面内方向に伸縮する。超音波トランスデューサー素子は、薄手の圧電素子（第1の圧電体層60a）と金属板（第1の振動膜70a）を貼り合わせたモノモルフ（ユニモルフ）構造を用いており、第1の圧電体層60aが面内で伸び縮みすると貼り合わせた第1の振動膜70aの寸法はそのままであるため反りが生じる。第1の圧電体層60aに交流電圧を印加することで、第1の振動膜70aが膜厚方向に対して振動し、この第1の振動膜70aの振動により超音波が放射される。

【0062】

第2の電極層50aは、例えば金属薄膜で形成され、第1の圧電体層60aの少なくとも一部を覆うように設けられる。金属薄膜は、例えばイリジウム（Ir）等の金属を用いた薄膜である。第2の電極層50aを素子形成領域の外側へ延長形成し、コモン電極線の配線を形成してもよい。

10

【0063】

上記のように第1の圧電体層60aで超音波トランスデューサー素子を構成することで、バルク型の超音波トランスデューサー素子に比べて素子を小型化できる。これにより、素子ピッチを狭くできるので、グレーティングローブの発生を抑制できる。また、バルク型の超音波トランスデューサー素子に比べて小さい電圧振幅で駆動できるため、低耐圧の回路素子で駆動回路を構成できる。

【0064】

図1に示すように、第1の圧電体層60aが第1の開口10aに重なる部分の幅W1は、第1の圧電体層60aが基板220に重なる部分の幅W2よりも大きい。幅W1は、第2の方向D2において、第1の縁部EDAから第1の圧電体層60aの端までの距離であり、幅W2は、第1の方向D1において、第1の縁部EDAから第1の圧電体層60aの端までの距離である。基板220の厚み方向Zから見た平面視では、基板220上の第1の圧電体層60aの面積よりも第1の開口10a上の第1の圧電体層60aの面積の方が大きいことになる。

20

【0065】

超音波トランスデューサー素子アレイは、超音波の周波数に応じて素子ピッチが設定され、また、素子ピッチはグレーティングローブ等の性能に関わるので、素子ピッチを自由に設定できることが望ましい。この点、本実施形態では、基板220への乗り上げ幅W2が大きい場合に比べて、隣の素子との間のピッチを狭くすることが可能であり、素子に指向性をもたせつつ所望の素子ピッチを実現することが可能となる。

30

【0066】

2. 超音波トランスデューサー素子の受信指向性

次に、上記超音波トランスデューサー素子の受信指向性を測定した結果について説明する。

【0067】

図4（A）、図4（B）に、測定条件の説明図を示す。図4（A）に示すように、水槽を上から見たとき、超音波トランスデューサーデバイス200は水槽の壁に設置されている。深度方向Z側に超音波の発生源UWSを設置し、超音波トランスデューサーデバイス200に超音波を照射する。超音波の入射角度は、深度方向Zを0度として+10度〜-10度である。受信は1列（又は1つ）の超音波トランスデューサー素子で行う。

40

【0068】

図4（B）に示すように、開口の幅WCと、開口に重なる圧電体層の幅WPとの比を $PCR = WP / WC$ と定義する。幅WC、WPは、基板の厚み方向Zから見たときの、スキャン方向DSにおける開口と圧電体層の幅である。

【0069】

図5（A）に、圧電体層を基板に重ねていない超音波トランスデューサー素子（図2）の受信指向性の測定結果を示す。縦軸は、最大値で正規化した受信電圧である。受信電圧は、入射角度0度を最大として、入射角度0度を中心にほぼ対称に分布しており、基板の

50

厚み方向 Z に指向性をもつことが分る。

【0070】

図5 (B) に、圧電体層を基板に重ねた超音波トランスデューサー素子 (図1) の受信指向性の測定結果を示す。受信電圧は、入射角度 + 5 度を最大値として分布しており、基板の厚み方向 Z からスキャン方向 D S 側に傾いた方向の指向性をもつことが分る。P C R が変わっても指向性には余り影響はないが、敢えて言えば、P C R が大きい場合 (P C R = 60 %) の方が指向性のピークが鋭くなっており、指向性が強い。

【0071】

次に、図6 (A) ~ 図6 (F) を用いて、指向性が生じる原理について説明する。なお、ここでは深度方向 Z の反対方向を「垂直方向」と呼び、スキャン方向 D S を「水平方向」と呼ぶ。

10

【0072】

図6 (A) に示すように、素子に超音波が入射すると振動膜 70 がたわみ、圧電体層 60 が横に引き伸ばされる。そして、その圧電体層 60 の歪み S P が圧電効果により受信電圧に変換される。これが、基本的な受信の原理である。

【0073】

圧電体層 60 が基板 220 に乗っていない素子に、斜め方向 D I から超音波が入射したとする。この場合、振動膜 70 には方向 D I に力 F が加わる。入射角度を θ とすると、力 F は水平方向の力 $F_x = F \sin \theta$ と垂直方向の力 $F_y = F \cos \theta$ に分解できる。この力 F によって振動膜 70 がたわんだとき、圧電体層 60 が乗った部分よりも圧電体層 60 が乗っていない腕部 A S の方が伸びやすい。そのため、水平方向の力 F_x は両側の腕部 A S の伸びによってキャンセルされ、圧電体層 60 には力 F_x による歪みが発生せず、垂直方向の力 F_y だけが受信電圧に変換される。力 $F_y = F \cos \theta$ は $\theta = 0$ 度において最大であり、角度が付くほど小さくなるので、垂直方向に指向性をもつことになる。

20

【0074】

図6 (B) に示すように、圧電体層 60 が基板 220 に乗っている素子に、斜め方向 D I から超音波が入射したとする。この場合、腕部 A S は圧電体層 60 の片方にしかないため、水平方向の力 F_x はキャンセルされず、入射角度 θ に対して受信電圧の依存性が表れる。

【0075】

30

具体的には、圧電体層 60 が乗っていない振動膜 70 の腕部 A S は十分に柔らかく、湾曲が相殺されるため、振動膜 70 を模式的には図6 (C) のように表すことができる。この振動膜 70 の全体に均一に、振幅 A u の超音波が入射角度 θ で入射している状態を考える。

【0076】

図6 (B) に示すように、振動膜 70 の振動によって圧電体層 60 の端部の点 P A にかかる力をベクトル V A とする。ベクトル V A の方向は、湾曲した圧電体層 60 の端部における接線の方向に等しい。圧電体層 60 の内部に発生する歪み S P は、ベクトル V A に直交する垂直方向 (図6 (D)) の歪みと、ベクトル V A の方向でベクトル V A の大きさに比例する歪みである。

40

【0077】

ベクトル V A の方向と垂線との成す角度を α とすると、圧電体層 60 の垂直方向に発生する応力 σ_{PZT} は近似的に下式 (1) となる。

$$\sigma_{PZT} = A u \cdot \sin(90^\circ - \alpha + \theta) \quad (1)$$

【0078】

また、腕部 A S に掛かるベクトル V A の方向の応力 σ_{arm} は、近似的に下式 (2) となる。

$$\sigma_{arm} = A u \cdot \cos(90^\circ - \alpha + \theta) \quad (2)$$

【0079】

圧電体層 60 に発生する電荷 C_{PZT} は下式 (3) となる。 g_{31} は、応力 σ_{PZT} に

50

よって圧電体層 60 の垂直方向に発生する歪みに対する圧電定数である。 g_{33} は、腕部 AS に掛かる応力 σ_{arm} によって圧電体層 60 のベクトル VA の方向に発生する歪みに対する圧電定数である。

$$\begin{aligned} C_{PZT} &= g_{31} \cdot \sigma_{PZT} \cdot WP + g_{33} \cdot \sigma_{arm} \cdot WC \\ &= g_{31} \cdot WP \cdot Au \cdot \sin(90^\circ - \alpha + \theta) + \\ &\quad g_{33} \cdot WC \cdot Au \cdot \cos(90^\circ - \alpha + \theta) \quad (3) \end{aligned}$$

【0080】

図 6 (E) に示すように、上式 (3) を感度特性として示すと、入射角度 θ が負の場合に感度が極大となる。即ち、図 6 (F) に示すように、圧電体層 60 が基板 220 に重なっている側から超音波が入射したときに感度のピークがあり、圧電体層 60 が基板 220 に重ならない場合とは異なる受信指向性となっている。

10

【0081】

3. リニアスキャン

次に、上記の第 1～第 3 の超音波トランスデューサー素子により得られた受信信号を用いて行う補正処理の基本手法について説明する。まず、図 7 (A)、図 7 (B) に示す模式的な説明図を用いて、リニアスキャンについて説明する。

【0082】

図 7 (A) は、超音波トランスデューサー素子アレイ 210 をスライス方向 DL 側から見た図である。スキャン方向 DS にはチャンネル CH1～CH13 が配列されている。1 本の超音波ビームを 8 チャンネルで送信する場合を例にとると、まずチャンネル CH1～CH8 が超音波ビーム BM1 を送信する。その反射波をチャンネル CH1～CH8 が受信し、その受信信号から B モード画像の画素ライン L1 (走査線) を生成する。これを、チャンネル CH2～CH9、CH3～CH10、・・・と繰り返し、B モード画像の画素ライン L2、L3、・・・を生成する。1 チャンネルずつずらしてスキャンするので、1 画素ラインは 1 チャンネルの幅に対応する。

20

【0083】

図 7 (B) には、反射体が存在する場合の受信信号と B モード画像の例を示す。受信信号 RS1～RS9 は、超音波ビーム BM1～BM9 により得られたものである。図 7 (B) では、各受信信号におけるエコーの受信開始をタイミング t_0 とし、受信信号の時間変化を示している。反射体 RB1～RB4 は、被検体において周囲と音響インピーダンスが異なり、超音波を反射する部分である。この反射体 RB1～RB4 からのエコーは、受信信号 RS1～RS9 の振幅として現れる。超音波トランスデューサー素子アレイ 210 から反射体 RB1～RB4 までの距離を $D_1 \sim D_5$ ($D_1 < D_2 < D_3 < D_4 < D_5$) で表すと、距離 $D_1 \sim D_5$ からのエコーは、受信信号のタイミング $t_1 \sim t_5$ ($t_0 < t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < t_5$) に現れる。

30

【0084】

B モード画像は、受信信号 RS1～RS9 の振幅を画素ライン L1～L9 の輝度値に変換したものである。具体的には、紙面横方向での画素位置を V1～V5 とした場合、受信信号のタイミング $t_1 \sim t_5$ での振幅を、それぞれ画素位置 V1～V5 での画素の輝度値に変換する。即ち、画素位置 V1～V5 は、超音波トランスデューサー素子アレイ 210 からの距離 $D_1 \sim D_5$ に対応している。このようにして、リニアスキャンにより反射体 RB1～RB4 の位置に対応した B モード画像が得られる。

40

【0085】

さて、図 8 に本実施形態の比較例を示す。図 8 に示すように、小さな反射体 RB5～RB7 が、それぞれ超音波ビーム BM1～BM3 の照射範囲内にあったとする。理想的には、超音波ビーム BM1～BM3 を送信したとき、それぞれ反射体 RB5～RB7 からのエコーのみが受信されるはずである。

【0086】

しかしながら、実際には超音波ビームはスキャン方向 DS において幅をもっており、この幅がチャンネルのピッチよりも広い場合、隣の超音波ビームと重なりをもつ。反射体 R

50

B 5、R B 7は超音波ビームが重なる領域にあるため、超音波ビーム B M 1、B M 3だけでなく超音波ビーム B M 2に対してもエコーが観測され、受信信号 R S 2にはA 1やA 2に示す信号が乗る。このエコーは、画素ライン L 2のA 3やA 4に示す画素に像として現れる。理想的には、反射体 R B 5、R B 7の像はA 5、A 6に示す画素に現れることが望ましいが、ビームの幅によって像が2つの画素ラインにまたがってしまう。これは、スキャン方向 D Sにおいて、実際の反射体よりも大きい反射体があるように見えるということである。このように、ビームの広がりにより画像として方位分解能が低下するという課題がある。

【0087】

4. 補正処理の基本手法

上記課題を解決できる本実施形態の超音波測定装置 100が行う補正処理について説明する。詳細な構成や動作は後述するものとし、ここでは基本手法を説明する。

【0088】

図9に示すように、超音波測定装置 100は超音波トランスデューサーデバイス 200と処理部 130とを含む。

【0089】

超音波トランスデューサーデバイス 200は、第1の指向性で超音波を受信する第1の超音波トランスデューサー素子と、第2の指向性で超音波を受信する第2の超音波トランスデューサー素子と、を有する。

【0090】

処理部 130は、第1の受信情報により第2の受信情報を補正処理する。第1の受信情報は、第1の超音波トランスデューサー素子が受信した第1の受信信号又は第1の受信信号から得られる第1の受信データである。第2の受信情報は、第2の超音波トランスデューサー素子が受信した第2の受信信号又は第2の受信信号から得られる第2の受信データである。

【0091】

第1の受信情報と第2の受信情報は、リニアスキャンにおいて1回の超音波ビームの送信で得られる受信情報である。図10(A)に示すように、超音波ビームの送信は、単一指向性（例えば正面のみ）の超音波トランスデューサー素子で行う（超音波ビーム B M 2）。エコーの受信は、指向性が異なる超音波トランスデューサー素子を混在させて行い（指向性 D R 2 A～D R 2 C）、指向性が異なる第1の受信情報と第2の受信情報を取得する。

【0092】

例えば図10(A)で後述する第1の補正手法では、第1の受信信号 R S 2 Aにより第2の受信信号 R S 2 Bを補正処理することで、ビームの広がりによる不要なエコーが抑制された受信信号 R S 2が得られ、方位分解能が向上する。また、図10(B)で後述するように、アナログ信号である第1の受信信号 R S 2 A及び第2の受信信号 R S 2 Bをデジタル信号に変換し、その第1の受信データ R D 2 Aで第2の受信データ R D 2 Bを補正処理してもよい。或は、図11で後述する第2の補正処理では、第1の受信データ R D 2 Aと第2の受信データ R D 2 Bを用いて超音波画像を生成する際に補正処理を行うことで、不要なエコーが抑制された超音波画像（画素ライン L 2 A～L 2 C）が得られ、方位分解能が向上する。

【0093】

また、これらの手法は、サイドローブによるアーティファクトを低減できる。サイドローブは、メインのビームとは異なる方向に音圧ピークが発生する現象であり、そのサイドローブの方向からのエコーによりBモード画像にアーティファクトが生じる。上記の手法は、ビーム正面以外の方向から来たエコーの影響を低減できるので、アーティファクトを低減する効果がある。

【0094】

より具体的には、図10(A)の第1の補正手法では、処理部 130は、第1の受信信

10

20

30

40

50

号RS2A及び第2の受信信号RS2Bを検出した場合に、当該検出したタイミングにおける第2の受信信号RS2Bの振幅を減衰する処理を行う。

【0095】

第1の受信信号RS2Aと第2の受信信号RS2Bの双方にエコーが存在するということは、そのエコーを反射した反射体RB7は、超音波ビームBM2の正面ではなく、第1の指向性DR2Aの方向側に存在することを意味する。このようなエコーを減衰させることにより、ビーム正面のエコー（タイミング t_2 の受信信号RS2B）だけを残すことが可能となる。このようにして、第1の超音波トランスデューサー素子と第2の超音波トランスデューサー素子の指向性の違いを使って、第2の受信信号RS2Bに含まれた不要なエコーを直接的に抑制できる。

10

【0096】

図11の第2の補正処理では、処理部130は、第1の受信情報及び第2の受信情報に基づいて超音波画像の補正処理を行う。即ち、第1の受信信号RS2A及び第2の受信信号RS2B或は、それらをデータ化した第1の受信データRD2A及び第2の受信データRD2Bに基づいて、Bモード画像の画素ラインL2A、L2Bを生成する。この際、これらの画素ラインL2A、L2Bの画素値を補正する。

【0097】

図11の例では、E1に示す画素の輝度値が減少されている。これにより、E2、E3に示す反射体RB7の像は、画素ラインL2Aの紙面下側に存在することとなり、図8の比較例（A3、A6）に比べて、反射体RB7の実際の位置を反映した像となっている。このようにして、第1の超音波トランスデューサー素子と第2の超音波トランスデューサー素子の指向性の違いを使って、方位分解能を向上させたBモード画像を生成できる。

20

【0098】

図9の超音波トランスデューサーデバイス200は、更に、第3の指向性で超音波を受信する第3の超音波トランスデューサー素子を含む。処理部130は、第1の受信情報及び第3の受信情報により、第2の受信情報を補正処理する。第3の受信情報は、第3の超音波トランスデューサー素子が受信した第3の受信信号又は、第3の受信信号から得られる第3の受信データである。

【0099】

図10（A）に示すように、ビームの出射方向は第2の指向性DR2Bの方向（基準方向）であり、第1の指向性DR2Aの方向と第3の指向性DR2Cの方向の間に第2の指向性DR2Bの方向がある。このような指向性をもった第1の受信情報及び第3の受信情報により第2の受信情報を補正処理することで、ビームの出射方向に対して両側に存在する反射体RB5、RB7からのエコーを抑制でき、方位分解能を更に向上できる。また、サイドローブによるアーティファクトについても、メインのビームの両側のサイドローブについてアーティファクトを低減できる。

30

【0100】

5. 超音波測定装置、超音波画像装置

次に、本実施形態の詳細について説明する。図9に、本実施形態の超音波測定装置100及び超音波画像装置400の構成例を示す。超音波測定装置100は、超音波トランスデューサーデバイス200、送信部110、受信部120、処理部130を含む。また、超音波画像装置400は、超音波測定装置100、表示部410を含む。

40

【0101】

超音波トランスデューサーデバイス200は、超音波トランスデューサー素子を有する。超音波トランスデューサー素子は、電気信号である送信信号を超音波に変換し、また被検体（対象物）からの超音波エコーを電気信号に変換する。超音波トランスデューサー素子は、例えば薄膜圧電型超音波トランスデューサー素子であってもよいし、或いは容量性微細加工超音波トランスデューサー素子（CMUT：Capacitive Micro-machined Ultrasonic Transducer）であってもよい。

【0102】

50

送信部 110 は、超音波ビームの送信処理を行う。具体的には、送信部 110 が処理部 130 の制御に基づいて超音波トランスデューサーデバイス 200 に対して電気信号である送信信号（駆動信号）を出力し、超音波トランスデューサーデバイス 200 が電気信号である送信信号を超音波に変換して、超音波を送信する。

【0103】

受信部 120 は、超音波エコーの受信処理を行う。超音波エコーは、超音波ビームが被検体により反射されたものである。具体的には、超音波トランスデューサーデバイス 200 が対象物からの超音波エコーを電気信号に変換して、受信部 120 に対して出力する。受信部 120 は、超音波トランスデューサーデバイス 200 からの電気信号である受信信号（アナログ信号）に対して増幅、検波、A/D 変換、位相合わせなどの受信処理を行い、受信処理後の信号である受信データ（デジタル信号）を処理部 130 に対して出力する。或は、受信部 120 は、A/D 変換を行わず、受信処理後の受信信号（アナログ信号）を処理部 130 に対して出力してもよい。

10

【0104】

処理部 130 は、送信部 110 及び受信部 120 の制御処理や、受信部 120 からの受信信号又は受信データに基づいて超音波画像を生成する処理を行う。具体的には、受信部 120 から受信データが入力される場合には、その受信データに対して補正処理を行い、その補正処理後の受信データから超音波画像を生成する。或は、受信部 120 から受信信号が入力される場合には、その受信信号に対して補正処理を行い、その補正処理後の受信信号を A/D 変換し、そのデジタル信号を超音波画像に変換する。

20

【0105】

処理部 130 は、例えば専用のデジタルシグナルプロセッサ（DSP）で構成してもよいし、汎用のマイクロプロセッサ（MPU）で構成してもよい。或いは、処理部 130 が実行する処理の一部又は全部をパーソナルコンピュータ（PC）で実行させてもよい。処理部 130 がアナログ信号処理も行う場合には、信号の増幅や A/D 変換を行う集積回路装置を更に含んでもよい。

【0106】

表示部 410 は、例えば液晶ディスプレイ等の表示デバイスであって、処理部 130 により生成された超音波画像（例えば B モード画像）を表示する。

【0107】

30

6. 第 1 の補正手法

次に、処理部 130 が行う補正処理の第 1 の手法について説明する。図 10（A）に、超音波ビーム BM2 を送信した場合の補正処理の例を示す。

【0108】

第 1 ～ 第 3 の指向性 DR2A ～ DR2C は、エコー受信における第 1 ～ 第 3 の超音波トランスデューサー素子の指向性を模式的に表したものである。各指向性において受信感度が最大となる方向を、その指向性の方向（又は指向方向）と呼ぶこととする。

【0109】

超音波ビーム BM2 は、第 2 の指向性 DR2B と同じ深度方向 Z に送信される。超音波ビーム BM2 の正面には反射体 RB6 があり、反射体 RB5、RB7 は正面から外れているとする。反射体 RB7 は、第 1 の指向性 DR2A 及び第 2 の指向性 DR2B の範囲内にあるため、第 1 の受信信号 RS2A 及び第 2 の受信信号 RS2B はタイミング t_4 において振幅が大きくなる。双方の受信信号で振幅が大きくなったことを検出した場合、そのタイミング t_4 において第 2 の受信信号 RS2B の振幅を減衰させる。

40

【0110】

振幅の検出及び減衰は、例えば以下のように行う。まず、第 1 の受信信号 RS2A と第 2 の受信信号 RS2B に検波処理等を行って振幅を表す信号を取り出し、その信号をリファレンス電圧（閾値電圧）とコンパレータで比較する。第 1 の受信信号 RS2A と第 2 の受信信号 RS2B の双方で比較結果がアクティブとなっている期間において、増幅回路（ゲイン < 1 ）により第 2 の受信信号 RS2B の振幅を小さくする。

50

【0111】

第3の指向性DR2Cについても同様の処理を行う。即ち、反射体RB5は、第2の指向性DR2B及び第3の指向性DR2Cの範囲内にあるため、第2の受信信号RS2B及び第3の受信信号RS2Cはタイミング t_5 において振幅が大きくなる。双方の受信信号で振幅が大きくなったことを検出した場合、そのタイミング t_5 において第2の受信信号RS2Bの振幅を減衰させる。

【0112】

以上のようにして振幅を減衰させた第2の受信信号RS2Bを、超音波ビームBM2に対応する受信信号RS2とし、その受信信号RS2をBモード画像の画素ラインL2に変換する。例えば、受信信号RS2の振幅が大きいほど画素の輝度値を大きくする。図10 (A)では、高輝度の画素を白抜きで表し、低輝度の画素をハッチングで表している。

10

【0113】

画素ラインL2では、C1とC2に示す画素において反射体RB5、RB7の像が抑制されているので、Bモード画像は、反射体RB5～RB7の実際の配置を正しく反映した画像となっている。図8の比較例では、仮に反射体RB5、RB7が同一距離（例えば D_4 ）に有ったとするとBモード画像において像が分離しないが、図10 (A)の補正処理を行うことで、反射体RB5、RB7の像を分離できる。即ち、図8のように本来は超音波ビームBM2の幅によって方位分解能が制限されているが、図10 (A)の補正処理を行うことで、超音波ビームBM2の幅よりも狭い幅のビームを送信したかのような方位分解能を得ることができる。

20

【0114】

以上に説明したように、超音波の送信は第2の超音波トランスデューサー素子が行い、超音波の受信は第1～第3の超音波トランスデューサー素子が行う。即ち、送信は、第1、第3の指向方向の間の第2の指向方向（基準方向）の指向性DR2Bで行い、受信は、第1～第3の指向方向の指向性DR2A～DR2Cで行う。

【0115】

本実施形態の比較例として、例えば複数の異なる指向性で超音波を送信し、その受信信号を用いて各指向方向の情報を得る手法が考えられる。しかしながら、その手法を本実施形態の超音波トランスデューサー素子で実現しようとする、図1のように基板220に圧電体層60aが乗り上げた素子で送信を行う必要がある。送信時には圧電体層60aが大きく伸縮するため、振動膜70aの開口10aと基板220の境界FT部分に大きな応力が掛かり、振動膜70aが割れる可能性がある。

30

【0116】

この点、本実施形態によれば、基板220に圧電体層60aが乗り上げた素子を受信専用用いる。受信時には送信時ほど振動膜70aが大きく振動しないため、境界FT部分に掛かる応力も小さい。これにより、素子を破壊することなく異なる指向性の情報を得ることができ、その情報を用いて補正処理を行うことができる。

【0117】

7. 第1の補正手法の変形例

なお、図10 (B)に示すように、第1～第3の受信信号RS2A～RS2Cをデジタルデータに変換してから、上記と同様な補正処理を行ってもよい。

40

【0118】

具体的には、処理部130は、第1～第3の受信信号RS2A～RS2Cの振幅を輝度値に変換し、その輝度値のデータを第1～第3の受信データRD2A～RD2Cとして生成する。例えば、Bモード画像と同様に、タイミング $t_1 \sim t_5$ の振幅を、それぞれ画素位置V1～V5の輝度値に変換する。そして、処理部130は、第1の受信データRD2A及び第2の受信データRD2Bを検出した場合に、その検出したデータ位置での第2の受信データRD2Bの輝度値を減少する処理を行う。また、処理部130は、第2の受信データRD2B及び第3の受信データRD2Cを検出した場合に、その検出したデータ位置での第2の受信データRD2Bの輝度値を減少する処理を行う。以上のようにして減少

50

する処理を行った第2の受信データRD2Bを、Bモード画像の画素ラインL2のデータとする。

【0119】

受信データの検出及び輝度値の減少処理は、例えば以下のように行う。即ち、第1～第3の受信データRD2A～RD2Cの各画素の輝度値をリファレンス値（閾値）と比較する。第1の受信データRD2A及び第2の受信データRD2Bの双方、又は第2の受信データRD2B及び第3の受信データRD2Cの双方で輝度値がリファレンス値を超えた場合には、その画素位置（V4又はV5）では第2の受信データRD2Bの輝度値を減少させる。

【0120】

以上の変形例によっても、アナログ信号を補正する場合と同様に、方位分解能を向上させることができる。また、デジタル信号処理によって補正処理を行うため、処理を簡素にできる。処理部130は、増幅回路やA/D変換回路等のアナログ信号を処理する回路が不要となるため、デジタル信号処理を行う回路のみで構成でき、回路構成を簡素化できる。

【0121】

8. 第2の補正手法

次に、処理部130が行う補正処理の第2の手法について説明する。図11に、超音波ビームBM1、BM2を送信した場合の補正処理の例を示す。反射体の配置は図10（A）と同様である。

【0122】

図12で後述のように、超音波トランスデューサーデバイス200は第1～第nのユニットとして例えば第1～第64のユニット（チャンネルCH1～CH64）を含む。各ユニットは、第1の超音波トランスデューサー素子（図13のUE11～UE18）と第2の超音波トランスデューサー素子（図13のUE21～UE48）と第3の超音波トランスデューサー素子（図13のUE51～UE58）を含む。

【0123】

図7（A）で説明したように、リニアスキャンでは第1～第kのチャンネルとして例えば第1～第8のチャンネルCH1～CH8により第1の送受信を行い、第2～第k+1のチャンネルとして例えば第2～第9のチャンネルCH2～CH9により第2の送受信を行う。第1の送受信に対応して第1の画素ラインL1が得られ、第2の送受信に対応して第2の画素ラインL2が得られる。

【0124】

第2の手法では、処理部130は、第1の画素ラインL1A（L1）と第2の画素ラインL2A（L2）との間に中間画素ラインL1Bを生成処理する。中間画素ラインL1Bは、第1の送受信で得られた第1～第3の受信データRD1A～RD1Cに基づいて生成する。

【0125】

このように画素ラインの間に更に画素ラインを挿入することは、仮想的に、超音波トランスデューサー素子アレイ210のスキャン方向DSにおけるチャンネル数を増やした（チャンネルピッチを狭くした）ことに相当する。これにより、より狭いピッチで被検体を画像化することが可能となる。

【0126】

具体的には、処理部130は、第1～第3の受信信号RS1A～RS1Cの振幅を輝度値に変換し、第1～第3の受信データRD1A～RD1Cを生成する。処理部130は、第1の受信データRD1A及び第2の受信データRD1Bを検出した場合に、第2の受信データRD1Bの輝度値を減少する処理を行う。また、第1の受信データRD1Aの輝度値を維持又は増加する処理を行う。

【0127】

図11の例では、反射体RB5に対応して、第1の受信信号RS1Aと第2の受信信号

10

20

30

40

50

R S 1 Bの双方の振幅がタイミング t_5 で大きく、第1の受信データR D 1 Aと第2の受信データR D 1 Bの双方の輝度値が画素位置V 5で高い。処理部1 3 0は、それを検出し、第2の受信データR D 1 Bの画素位置V 5の輝度値を減少させ、その第2の受信データR D 1 Bを第1の画素ラインL 1 Aとする。また、第1の受信データR D 1 Aの画素位置V 5の輝度値を維持又は増加させ、その第1の受信データR D 1 Aを中間画素ラインL 1 Bとする。なお、輝度値の検出等は、第1の補正手法の変形例と同様の手法で実現できる。

【0 1 2 8】

このようにして、Bモード画像では、E 4に示す画素の輝度が抑制され、E 5に示す画素の輝度が維持又は増加される。

10

【0 1 2 9】

また、処理部1 3 0は、第1の画素ラインL 1 Aと第2の画素ラインL 2 Aとの間に、中間画素ラインL 2 Cを生成処理する。中間画素ラインL 2 Cは、第2の送受信で得られた第1～第3の受信データR D 2 A～R D 2 Cに基づいて生成する。

【0 1 3 0】

具体的には、処理部1 3 0は、第1の受信データR D 2 A及び第3の受信データR D 2 Cを検出した場合に、第2の受信データR D 2 Bの輝度値を減少する処理を行って、第2の画素ラインL 2 Aを生成する。また、第3の受信データR D 2 Cの輝度値を維持又は増加する処理を行って、中間画素ラインL 2 Cを生成する。

20

【0 1 3 1】

第2の受信データR D 2 Bと第3の受信データR D 2 Cでは画素位置V 5で輝度値が高いため、Bモード画像では、E 6に示す画素の輝度が抑制され、E 7に示す画素の輝度が維持又は増加されることになる。

【0 1 3 2】

図8の比較例を図1 1に当てはめると、反射体R B 5の像は、Bモード画像の画素位置V 5において画素ラインL 1 C～L 2 Aに現れることになる。即ち、超音波ビームの幅によりスキャン方向に像が広がっている（ぼけている）。この点、第2の補正手法を用いた場合、反射体R B 5の像は画素ラインL 1 A、L 2 Cに現れるので、スキャン方向の像の幅が比較例よりも狭くなっている。即ち、超音波ビームの広がりの影響が低減され、方位分解能が向上している。

30

【0 1 3 3】

なお、上述した第1の補正手法と第2の補正手法は、いずれか一方を用いてもよいし、組み合わせて用いてもよい。組み合わせる場合、例えば超音波トランスデューサー素子アレイ2 1 0から深度方向Zに近い領域では第1の補正手法を用い、遠い領域では第2の補正手法を用いて超音波画像を生成してもよい。

【0 1 3 4】

第1の補正手法は、ビーム正面でない反射体からのエコーを直接的に抑制するので、サイドローブによるアーティファクトを低減する効果が高いと考えられる。サイドローブは、メインのビームよりも到達距離が短いので、超音波トランスデューサー素子アレイ2 1 0に近い領域では第1の補正手法を用いることでアーティファクトを効果的に低減できる。また、超音波ビームは焦点を過ぎると幅が広がる傾向があるので、超音波トランスデューサー素子アレイ2 1 0から遠い領域では第2の補正手法を用いることで方位分解能を効果的に向上できる。

40

【0 1 3 5】

9. 超音波トランスデューサーデバイス

図1 2に、上述した補正手法に用いる超音波トランスデューサーデバイス2 0 0の構成例を示す。

【0 1 3 6】

なお以下では、6 4チャンネルの場合を例に説明するが、超音波トランスデューサーデバイス2 0 0は、 $n = 6 4$ 以外の第1～第 n のチャンネルを含んでもよい。また以下では

50

、信号端子を超音波トランスデューサデバイス200の一方の端部に配置する場合を例に説明するが、信号端子を超音波トランスデューサデバイス200の両側の端部に配置し、両側から信号の入出力を行ってもよい。

【0137】

超音波トランスデューサデバイス200は、基板220と、基板220に形成された超音波トランスデューサ素子アレイ210と、基板220に形成された信号端子XA1～XA64、XB1～XB64、XC1～XC64と、基板220に形成された信号電極線LA1～LA64、LB1～LB64、LC1～LC64と、を含む。

【0138】

信号端子XA_i、XB_i、XC_i（ i は $1 \leq i \leq n = 64$ の自然数）は、スライス方向DLにおける超音波トランスデューサ素子アレイ210の一方の端部に配置される。信号端子XA_i、XB_i、XC_iは、それぞれ信号電極線LA_i、LB_i、LC_iの一端に接続される。例えば、基板220は、スキャン方向DSを長辺方向とする矩形であり、その矩形の一方の長辺に沿って信号端子XA_i、XB_i、XC_iが配置される。

【0139】

ここで、スライス方向DL及びスキャン方向DSは、基板220を厚み方向（深度方向Z）から見た平面における方向を表す。スキャン方向DSとは、例えばリニアスキャンやセクタスキャン等のスキャン動作において超音波ビームをスキャンする方向に対応する。スライス方向DLとは、スキャン方向DSに交差（例えば直交）する方向であり、例えば超音波ビームをスキャンして断層画像を得る場合、その断層に直交する方向に対応する。

【0140】

超音波トランスデューサ素子アレイ210は、スキャン方向DSに沿って配置されるチャンネルCH1～CH64を含む。各チャンネルCH_iは、信号電極線LA_i、LB_i、LC_iのいずれかと電氣的に接続された複数の超音波トランスデューサ素子で構成される。

【0141】

10. チャンネル

図13に、チャンネルCH_iの詳細な構成例を示す。チャンネルCH_iは、スライス方向DLに沿って8行及びスキャン方向DSに沿って5列のマトリックス状に配置される超音波トランスデューサ素子UE11～UE58を含む。

【0142】

第1列の超音波トランスデューサ素子UE11～UE18は、第1の指向性を有する。また、第2列～第4列の超音波トランスデューサ素子UE21～UE48は、第2の指向性を有する。第5列の超音波トランスデューサ素子UE51～UE58は、第3の指向性を有する。なお、指向性の配置はこれに限定されず、例えば第1列の超音波トランスデューサ素子UE11～UE18が、第3の指向性を有し、第5列の超音波トランスデューサ素子UE51～UE58が、第1の指向性を有してもよい。

【0143】

第1列～第5列の超音波トランスデューサ素子の一方の電極（例えば図1～図3の第1の電極層40a～40c）は、それぞれ、信号電極線LA_i、LB1_i、LB2_i、LB3_i、LC_iに接続される。信号電極線LB1_i、LB2_i、LB3_iは、スライス方向DLに沿って配線され、信号電極線LB_iに接続される。

【0144】

第1行～第8行の超音波トランスデューサ素子の他方の電極（例えば図1～図3の第2の電極層50）は、それぞれ、コモン電極線LY1～LY8に接続される。コモン電極線LY1～LY8は、スキャン方向DSに沿って配線され、コモン電極線LM_iに接続される。コモン電極線LM_iはスライス方向DLに沿って配線され、コモン端子XM_iに接続される。コモン端子XM_iは、基板220上に形成され、例えば信号端子XA_i等が配置された辺と同一の辺に配置される。

【0145】

上記のチャンネルCH_iにおいて、超音波の送受信は次のように行われる。送信部110が信号端子XB_iに送信信号（例えば電圧パルス）を供給し、その送信信号を超音波トランスデューサー素子UE21～UE48が超音波に変換する。そして、対象物が反射した超音波エコーを超音波トランスデューサー素子UE11～UE58が受信信号（例えば電圧信号）に変換し、その受信信号を信号端子XA_i～XC_iから出力する。受信部120は、信号端子XA_i～XC_iからの受信信号を受けて、その受信信号に対して受信処理を行う。なお、コモン端子XM_iには、送信部110又は受信部120がコモン電圧（例えば一定の電圧）を供給する。

【0146】

なお、上記では8行5列のマトリックス状に超音波トランスデューサー素子を配置する場合を例に説明したが、これに限定されず、8行5列以外のM行N列（M、Nは2以上の自然数）のマトリックス状に超音波トランスデューサー素子を配置してもよい。この場合、超音波トランスデューサー素子アレイ210は、M行（n×N）列のマトリックス状となる。

【0147】

また、超音波トランスデューサー素子アレイ210は、マトリックス状の配置に限定されない。例えばスライス方向DLの素子数が異なるチャンネルが混在してもよいし、或は、スキャン方向DSやスライス方向DLにおいて素子が一直線上に配置されなくてもよい（例えば千鳥格子状の配置）。

【0148】

また、上記では第1の指向性、第2の指向性、第3の指向性を有する超音波トランスデューサー素子を、それぞれ、1列、3列、1列に配置したが、これに限定されず、それぞれ、2以上の複数列、3列以外の1又は複数列、2以上の複数列に配置してもよい。

【0149】

11. 超音波画像装置、超音波プローブ

図14（A）は携帯型の超音波画像装置400を示し、図14（B）は据置型の超音波画像装置400を示す。

【0150】

携帯型及び据置型の超音波画像装置400は共に、超音波測定装置100、超音波プローブ300、ケーブル350及び表示部410を含む。超音波プローブ300は、超音波トランスデューサーデバイス200を含み、ケーブル350により超音波測定装置100に接続される。表示部410は、表示用画像データを表示する。

【0151】

超音波測定装置100が有する送信部110、受信部120及び処理部130の少なくとも一部を超音波プローブ300に設けることもできる。

【0152】

図14（C）に、超音波プローブ300の具体的な構成例を示す。超音波プローブ300はプローブヘッド315及びプローブ本体320を含み、図14（C）に示すように、プローブヘッド315はプローブ本体320と脱着可能である。

【0153】

プローブヘッド315は、超音波トランスデューサーデバイス200、プローブ基体311、プローブ筐体312、プローブヘッド側コネクタ313を含む。

【0154】

プローブ本体320は、プローブ本体側コネクタ323を含む。プローブ本体側コネクタ323は、プローブヘッド側コネクタ313と接続される。プローブ本体320は、ケーブル350により超音波測定装置100に接続される。なお、超音波測定装置100が有する送信部110、受信部120の少なくとも一部をプローブ本体320に設けることもできる。

【0155】

なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項及び効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。また本実施形態及び変形例の全ての組み合わせも、本発明の範囲に含まれる。また超音波測定装置、超音波画像装置の構成、動作及び超音波画像の処理方法等も、本実施形態で説明したものに限定されず、種々の変形実施が可能である。

【符号の説明】

【0156】

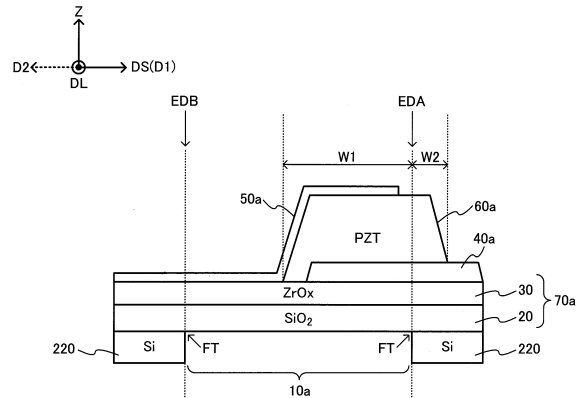
10a～10c 開口、20 SiO₂膜、30 ZrO_x膜、
 40a～40c 第1の電極層、50a～50c 第2の電極層、
 60a～60c 圧電体層、70a～70c 振動膜、
 100 超音波測定装置、110 送信部、120 受信部、
 130 処理部、200 超音波トランスデューサーデバイス、
 210 超音波トランスデューサー素子アレイ、220 基板、
 300 超音波プローブ、311 プローブ基体、312 プローブ筐体、
 313 プローブヘッド側コネクタ、315 プローブヘッド、
 320 プローブ本体、323 プローブ本体側コネクタ、
 350 ケーブル、400 超音波画像装置、410 表示部、
 AS 腕部、BM1～BM9 超音波ビーム、
 CH1～CH64 チャンネル、D1 第1の方向、D2 第2の方向、
 DL スライス方向、DR2A～DR2C 第1～第3の指向性、
 DS スキャン方向、EDA～EDF 第1～第6の縁部、
 FT 境界、L1～L9, L1A～L3C 画素ライン、
 LA1～LA64, LB1～LB64, LC1～LC64 信号電極線、
 LB1i～LB3i 信号電極線、LMi, LY1～LY8 コモン電極線、
 RB1～RB7 反射体、
 RD1A～RD1C, RD2A～RD2C 受信データ、
 RS1～RS9, RS1A～RS1C, RS2A～RS2C 受信信号、
 UE11～UE58 超音波トランスデューサー素子、
 V1～V5 画素位置、
 XA1～XA64, XB1～XB64, XC1～XC64 信号端子、
 XMi コモン端子、Z 深度方向、t₀～t₅ タイミング

10

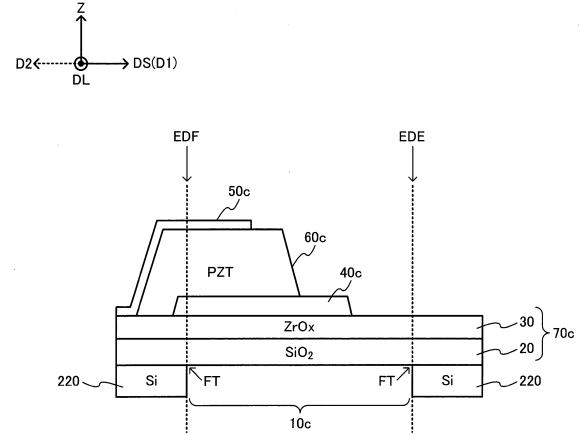
20

30

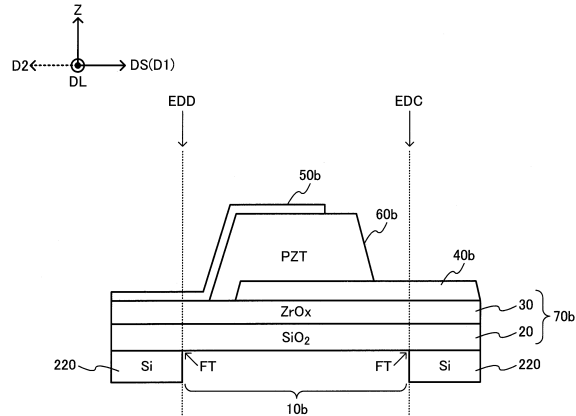
【図 1】



【図 3】

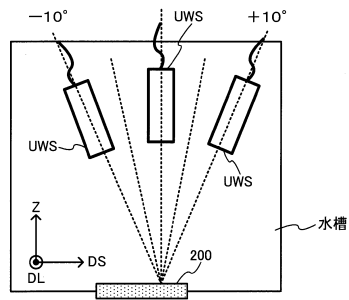


【図 2】



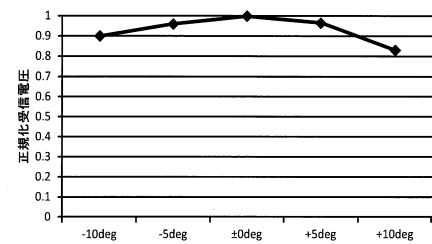
【図 4】

(A)

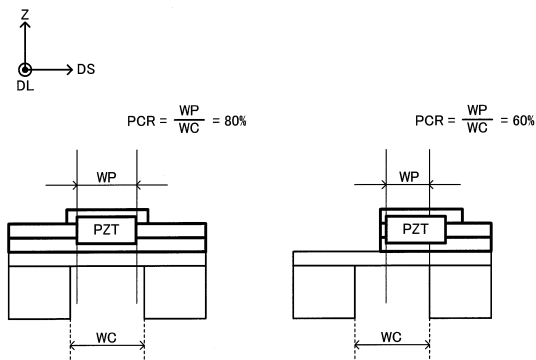


【図 5】

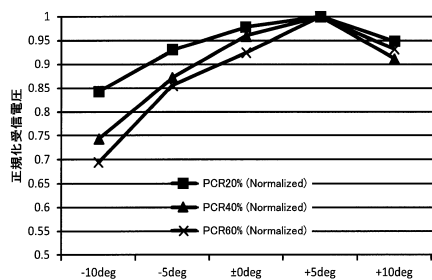
(A)



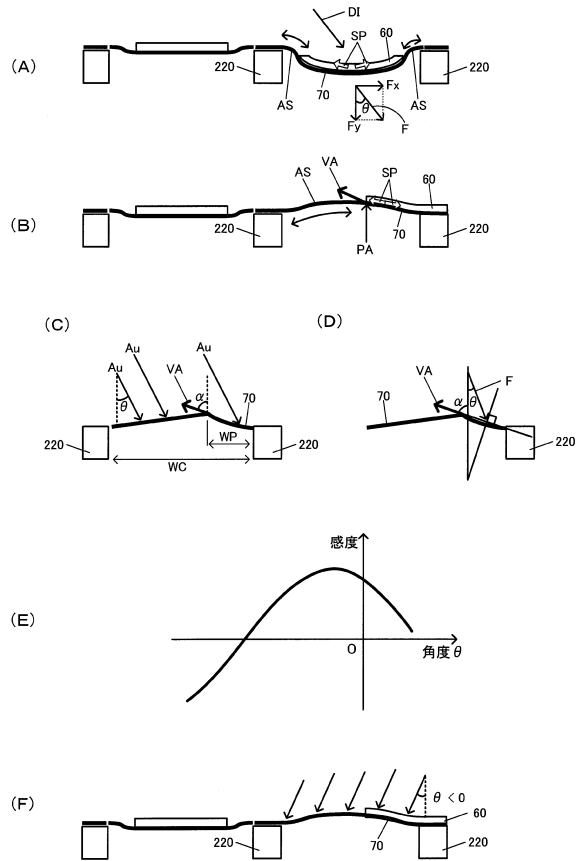
(B)



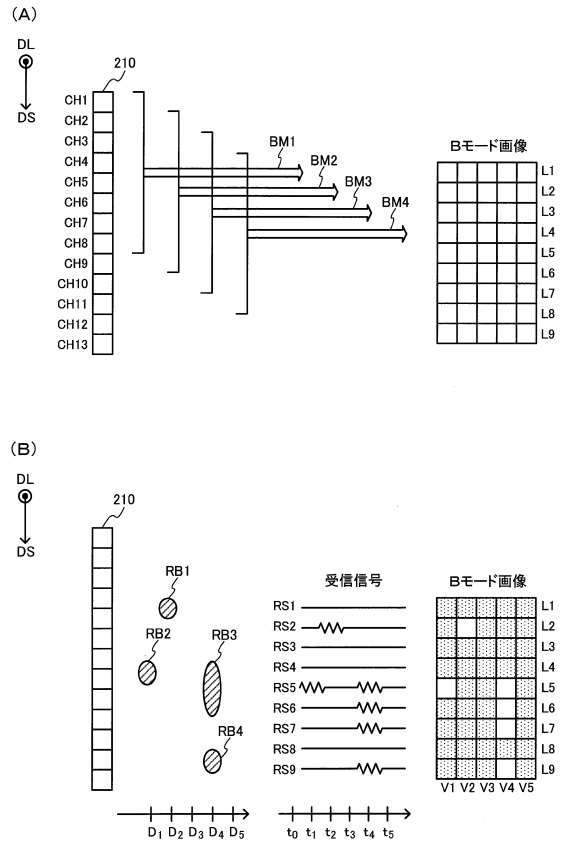
(B)



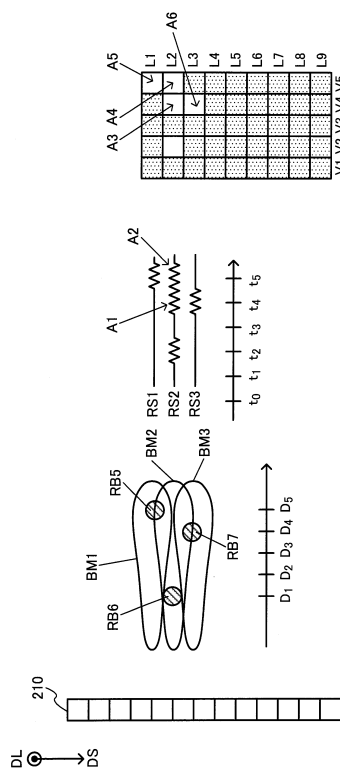
【図 6】



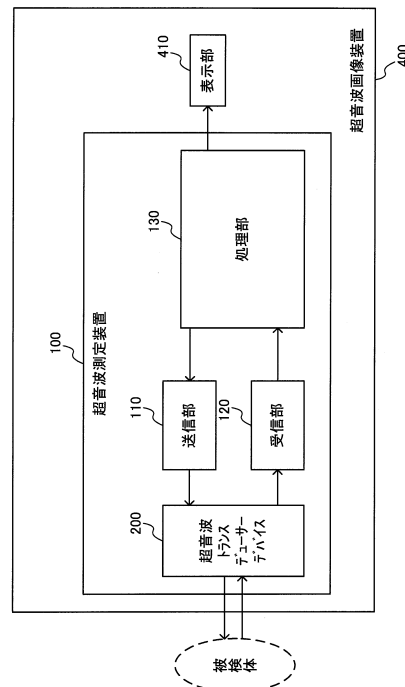
【図 7】



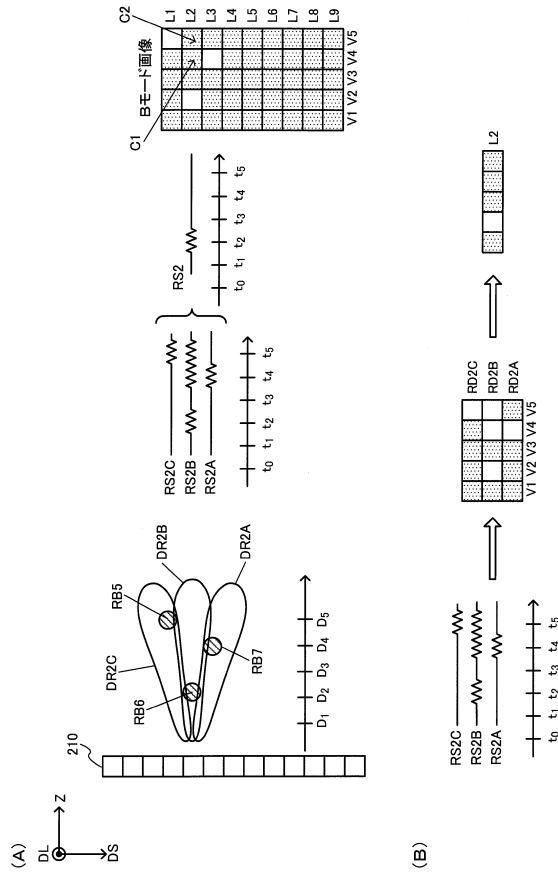
【図 8】



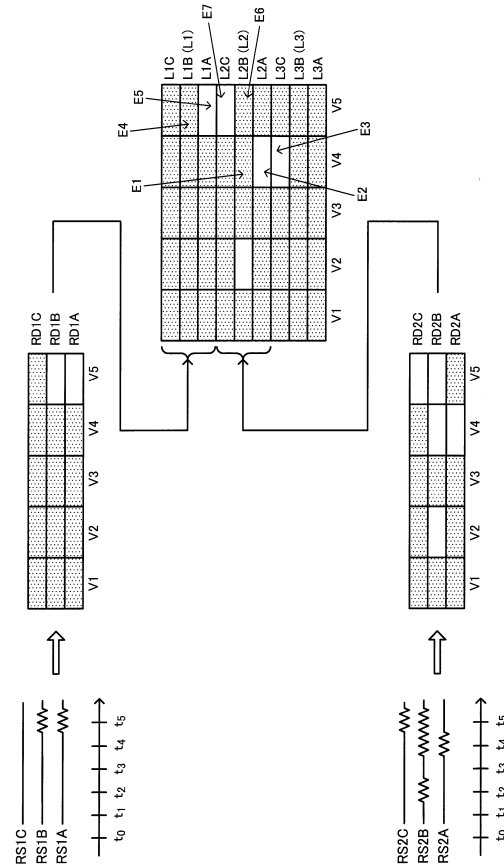
【図 9】



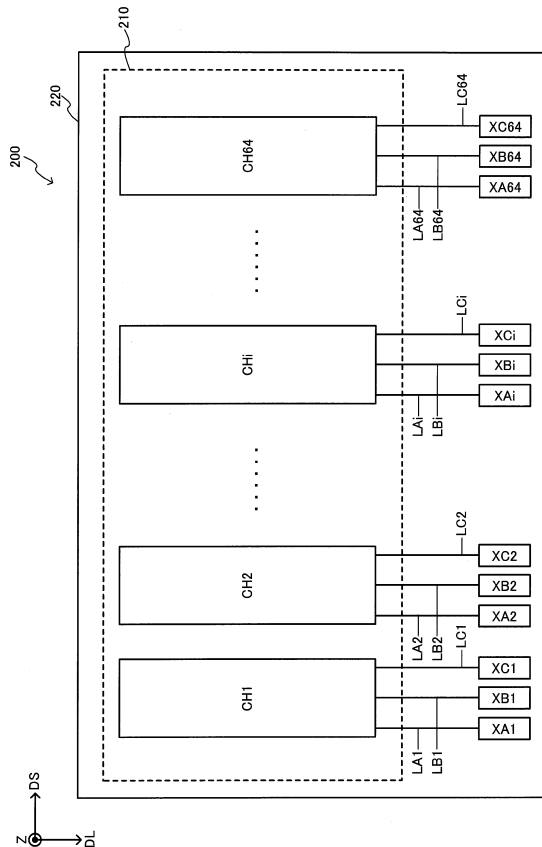
【図 10】



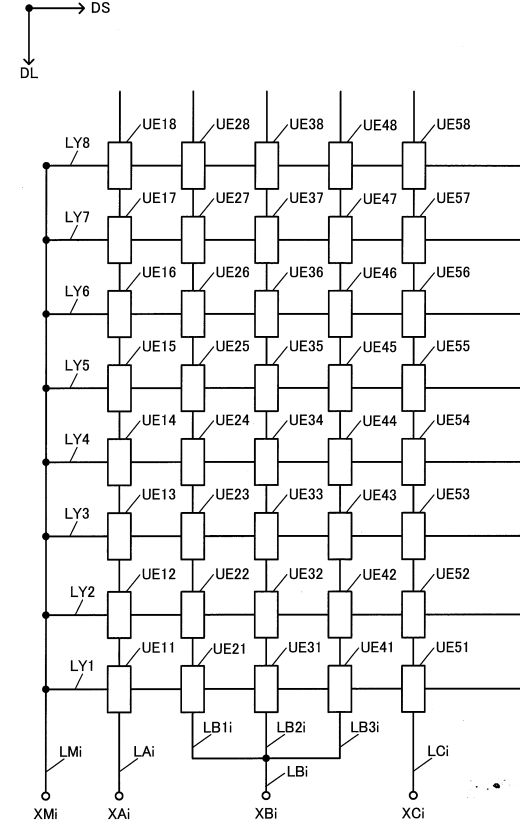
【図 11】



【図 12】

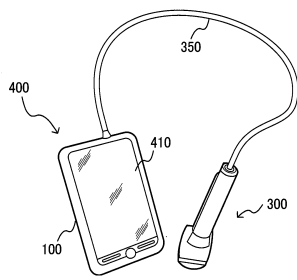


【図 13】

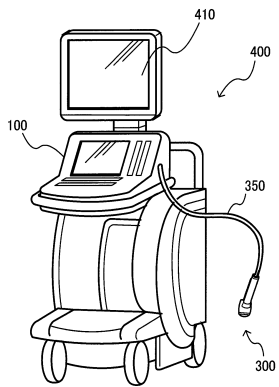


【図 14】

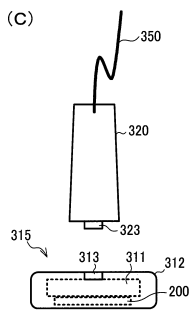
(A)



(B)



(C)



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-207882 (JP, A)
特開2013-042974 (JP, A)
特開2013-208148 (JP, A)
特開昭55-026975 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00 - 8/15
H04R 17/00

专利名称(译)	超声换能器装置，超声波测量装置和超声波成像装置		
公开(公告)号	JP6291814B2	公开(公告)日	2018-03-14
申请号	JP2013247767	申请日	2013-11-29
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
当前申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	鶴野次郎		
发明人	鶴野 次郎		
IPC分类号	A61B8/00 H04R17/00		
CPC分类号	B06B1/0622 B06B1/0629 G01N29/0654 G01N29/44 H01L41/0973		
FI分类号	A61B8/00 H04R17/00.332.A A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB21 4C601/EE01 4C601/EE04 4C601/GB03 4C601/GB19 4C601/GB41 4C601/GB44 4C601/GB46 4C601/JB51 4C601/JC11 4C601/KK12 5D019/BB03 5D019/BB19 5D019/FF01 5D019/FF04		
代理人(译)	井上 一 黒田靖		
其他公开文献	JP2015104499A JP2015104499A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供能够改善方向分辨率或减少伪影的超声波换能器装置，超声波测量装置，超声波成像装置等。 解决方案：超声换能器装置包括基板220，基板220设置有第一开口10a和形成在基板220上的第一超声换能器元件，第一超声换能器元件对应于第一开口10a。第一开口10a通过在第一方向D1上对应于扫描方向DS的一侧上布置第一边缘部分EDA而在第二方向D2上与第一方向D1相对的一侧上布置第二边缘部分EDB而形成。一。第一超声换能器元件包括：第一膜片70a，其封闭第一开口10a;以及第二膜片70b，其在从基板220的厚度方向Z的平面图中封闭第一开口10a的第一开口Da。并且，第一压电层60a设置在第一振动膜70a上，以覆盖第一压电层60a。 点域1

(19) 日本国特許庁 (JP)	(12) 特 許 公 報 (B2)	(11) 特許番号 特許第6291814号 (P6291814)
(45) 発行日 平成30年3月14日 (2018. 3. 14)	(24) 登録日 平成30年2月23日 (2018. 2. 23)	
(51) Int. Cl. A 6 1 B 8/00 (2006.01) H 0 4 R 17/00 (2006.01)	F I A 6 1 B 8/00 H 0 4 R 17/00 3 3 2 A	
請求項の数 13 (全 26 頁)		
(21) 出願番号 特願2013-247767 (P2013-247767) (22) 出願日 平成25年11月29日 (2013.11.29) (65) 公開番号 特開2015-104499 (P2015-104499A) (43) 公開日 平成27年6月8日 (2015. 6. 8) 審査請求日 平成28年11月17日 (2016.11.17)	(73) 特許権者 000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区新宿四丁目1番6号 (74) 代理人 100104710 弁理士 竹腰 昇 (74) 代理人 100090479 弁理士 井上 一 (74) 代理人 100124682 弁理士 黒田 泰 (72) 発明者 鶴野 次郎 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 審査官 宮川 賢伸	最終頁に続く
(54) 【発明の名称】 超音波トランスデューサデバイス、超音波測定装置及び超音波画像装置		